

建築部材部品の形状確認における 3次元計測技術の活用に関する研究

建築生産研究グループ 研究員 高林 弘樹

I はじめに

昨今の建設作業員減少に対する現場作業の省力化や、建築分野へのデジタル技術活用の潮流の中で、品質管理のシーンにおいて3次元計測技術とBIM（Building Information Modeling）を連携し、複雑な形状を合理的に計測しようとする試みが見られる。今後の建築生産を予測すると、BIMやコンピュータショナルデザインに代表されるコンピュータを積極的に活用した設計や、3次元プリンタやロボットといったデジタルファブリケーション機器による部材部品の生産（図1）が普及／一般化し、例えば3次元的な曲面が多用されたデザインや、これらを実現するための標準部品の組み合わせに留まらない超多品種少量生産が可能になるだろう。品質管理の観点から見れば、直尺のような現在一般に使用される計測機器では測ることができない形状がこれらの部材部品には含まれることや、それぞれの形状が異なる部材部品を大量に計測するためには膨大な時間や労力が必要となることが懸念される。

多様な形状を柔軟に計測可能な3次元計測技術は、新たな計測機器として今後より一層品質管理に活用されていくことが予測されるが、建築の部材部品は多種多様であり、それぞれに要求される精度などの特性に応じた計測及びその評価方法の活用が求められる。

本研究は、建築生産分野における3次元計測技術の普及を見据え、部材部品の要求精度等に応じた適切な3次元計測方法であるかを評価するための技術資料の提供を目的とする。研究期間全体を通じた研究計画の概要を図2に示す。本稿では今年度（初年度、図2中（A））の取り組みについて概要を述べる。

II 研究成果の概要

本年度は、品質管理に適した3次元計測方法の検討として、主に文献から製品検査等における形状確認の方法や誤差の許容範囲について整理した。また、3次元計測技術の動向について調査し、計測方法の特徴や点群データのソフトウェアにおけ

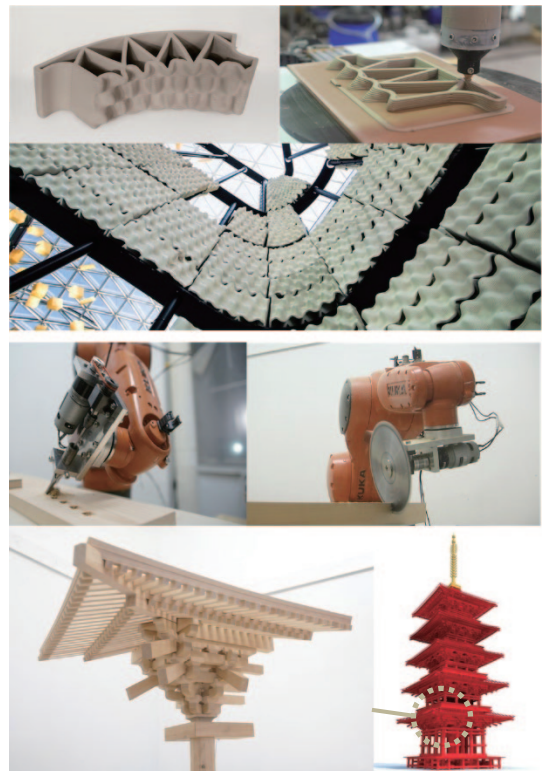


図1 デジタルファブリケーション機器を活用した建築部材部品の製作事例（上：3次元プリンタで製作された外装部材部品¹⁾、下：ロボットによる木造建築部品の加工²⁾）

(A)品質管理に適した3次元計測方法の検討

- 現在の形状確認の方法や3次元計測技術の活用動向についての調査と整理
- 比較照合ソフトウェアの試験実装

(B)部材部品の全体形状を取得する3次元計測実験

- ロボットやマーカ等を活用した計測方法と取得される複数の点群データの処理についての検討

(C)形状確認の知識の形式知化についての検討

- 計測データが設計ルールに則していることを確認する方法の検討
- BIMとの連携に関する検討

図2 研究計画概要

る処理について整理した。これらを踏まえ、次年度の計測実験に向けた 3 次元モデルと点群データを比較照合するソフトウェアの試験実装を行った。

製品検査等では計測すべき項目が詳細に決められているが、これらについて主に文献調査を行った。形状の確認において求められる主な計測単位を整理し、距離や角度、平坦さ等の計測についてのソフトウェアへの実装を検討した。

建築分野への 3 次元計測技術の活用例を概観すると、3 次元スキャナや SfM (Structure from Motion) による地形の測量や改修工事等における既存建築物の形状取得の取り組みが多く見られる。また、鉄筋コンクリート造の配筋検査のシーンにおいて、ステレオカメラによって得られる画像から 3 次元形状を復元し、鉄筋径や間隔等を計測する事例もある。ソフトウェアにおける処理は計測方法によって異なるが、計測方法や機器に固有の処理 (精度良く計測するための処理、複数の点群データを結合する処理等) と、機器等に依らない共通の処理 (3 次元モデルと点群データの位置合わせの処理等) の観点から整理し、今年度は特に後者についてのソフトウェア処理の検討及び設計を行った。

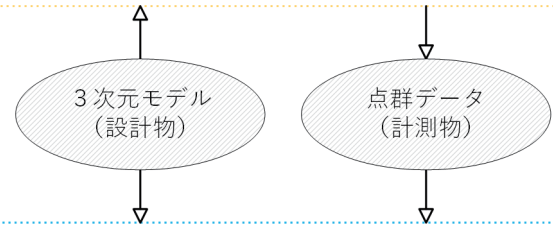
図 3 に試作したソフトウェアの概要を示す。また、図 4 は試作した比較照合ソフトウェアであり、CAD で設計した 3 次元モデルと 3 次元計測機器で取得される点群データを重ね合わせ、3 次元モデル表面と点群データの各座標点の距離を算出し、距離に応じて座標点の色を変えて表示している。主に 3 次元モデルと点群データの重ね合わせの際の位置合わせについて検討し、実装を行なった。また、今年度は実部材部品の計測を行っていないこともあり、3 次元モデルから点群データを生成するプログラムについても併せて作成した。座標点の生成時に 3 次元モデルの面外方向のばらつきを任意に変化できる機能を持ち、実際の計測時の測定誤差に類するノイズを擬似的に発生可能なものとしている。これらの開発には、C/C++言語及びオープンソースの点群処理ライブラリである Point Cloud Library (PCL) 1.8³⁾ を用いている。

III 今後の展開

今後は、工場における部材部品の生産を想定した 3 次元計測実験を通して、実際の計測方法と複数の点群データの結合等について検討する。また、形状の比較だけでなく、計測した点群データが規則等に則しているかについて確認する技術や、BIM との連携についても検討を行う予定である。

点群データの生成プログラム

- 3次元モデルの面をもとにランダムに点を発生させ点群データを生成
- 面外方向のばらつきの距離を任意に設定
 - ・ 擬似的な計測機器の測定誤差



3次元モデルと点群データの比較照合ソフトウェア

- 3次元モデルと点群データの位置合わせ
- 3次元モデルの面と点群データの座標点の距離等を算出

図 3 試作したソフトウェアの概要

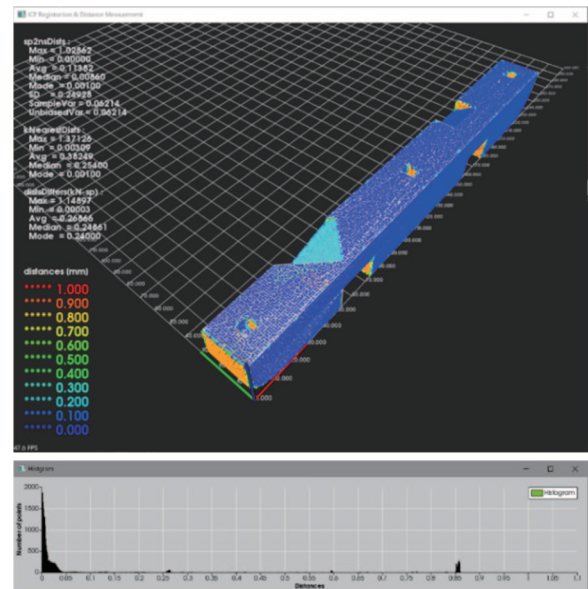


図 4 3 次元モデルと点群データの比較照合ソフトウェアの表示画面 (上: 結果の表示、下: 距離のヒストグラム)

参考文献他

- 1) Seibold, Zach & Hinz, Kevin & Luis García del Castillo y López, Jose & Martínez Alonso, Nono & Mhatre, Saurabh & Bechthold, Martin. (2018). Ceramic Morphologies: Precision and Control in Paste-Based Additive Manufacturing. ACADIA 2018: On Imprecision and Infidelity [Proceedings of the 38th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)], Mexico City
- 2) Takabayashi H., Kado K., Hirasawa G. (2019) Versatile Robotic Wood Processing Based on Analysis of Parts Processing of Japanese Traditional Wooden Buildings. In: Willmann J., Block P., Hutter M., Byrne K., Schork T. (eds) Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2018. ROBARCH 2018. Springer, Cham
- 3) Point Cloud Library, <http://www.pointclouds.org/>, (2019年1月18日アクセス)